

Особенности оценки, прогнозирования и измерения параметров внутреннего микроклимата

Ластовец Н.В., Харьковская национальная академия городского хозяйства

Поскольку современный человек проводит значительную часть своего времени в помещении и часто находится в одном и том же пространстве, становится всё более актуальным изучение и прогнозирование внутренних климатических условий для оптимизации параметров микроклимата на этапе проектирования. Эту задачу можно условно разделить на следующие подзадачи:

- оценка микроклимата;
- прогнозирование и расчёт распределения параметров;
- измерение параметров микроклимата.

Комфортным считается микроклимат, при котором количество теплоты, произведенной организмом человека за счет метаболизма, равно количеству теплоты, отданного человеком в окружающую среду через кожу. При прочих равных микроклиматических условиях из этого следует, что в зависимости от метаболизма конкретного человека и от того, во что он одет, комфортное состояние у разных людей будет разным. Это положение отражено в международных и европейских нормативах (ANSI/ASHRAE Standard 55-2004, ASHRAE RP-884, ISO 7730:2005), основанных на фундаментальных исследованиях Олле Фагнера и его последователей. Оценка микроклимата ведётся при помощи статистических индексов PMV и PPD, представляющих соответственно средний оценочный балл качества внутренней среды и процент пользователей, неудовлетворенных качеством внутреннего воздуха.

Эти параметры определяются по субъективным оценкам группы людей, помещаемых в определенную среду. Индекс PMV имеет 7-балльную шкалу в диапазоне от -3 до $+3$, где -3 соответствует ощущению холода, 0 выражает нейтральное состояние, и $+3$ – состояние жары. Индексу PMV нулевой (0) величины соответствует значение PPD 5 %. Это означает, что полное удовлетворение абсолютно всех пользователей обеспечить не удастся никогда.

Уровень комфорта считается приемлемым, когда таковым его сочтут не менее 80 % лиц, присутствующих в помещении, что по критерию Фангера соответствует значению индекса PMV в диапазоне от $+0,5$ до $-0,5$.

Этот подход предполагает разделение помещения на зоны с разной степенью поддержания параметров. Также требуется более де-

тальная информация по микроклимату в пределах небольшой области вокруг человека.

Существует несколько подходов к прогнозированию и расчёту параметров микроклимата: статистический, струйный, физическое моделирование и математическое моделирование. Статистический подход основан на использовании экспериментальных данных. Он позволяет в целом без привязки к координатам оценить поле параметров в объёме рабочей зоны. Данные получены и подходят, в основном, для больших по объёму и сложных по возмущающим факторам производственных помещений.

В результате взаимодействия многочисленных факторов, формирующих тепловой режим, в помещении возникает циркуляция воздуха, включающая струйную область и область обратных потоков. С помощью метода, основанного на теории турбулентных струй, хорошо описывается движение воздуха в относительной близости от источника движения, можно описать результат взаимодействия струй. Однако параметры воздуха после затухания струи данным методом описать затруднительно.

Физическое моделирование, основанное на теории подобия, даёт возможность детально изучить особенности воздушного потока различного генезиса. Однако все разновидности физического моделирования: жидкостное и газовое, а также аналоговые методы (гидравлический и электрический) требуют наличия точных установок, а также соблюдения критериев подобия.

Задача расчета параметров воздушной среды может быть сформулирована как расчет температурных и скоростных полей в помещении. В последнее время всё большее распространение получает математическое моделирование благодаря увеличению мощности вычислительной техники, а также гибкости и широким возможностям данного метода. Математическая модель может быть разработана исследователем, что подразумевает высокую квалификацию в области гидродинамики и математическом моделировании.

Также в последнее время разработаны коммерческие программы (CFD (Computational fluid dynamics)-коды) для решения задач гидродинамики. Особенностью задач, для решения которых используются CFD-коды, является наличие большого числа разнообразных внутренних объектов с различными теплофизическими свойствами и геометрической формой. Составленная математическая модель сводится к описанию вентиляционных процессов в рамках трёхмерных нестационарных уравнений Навье-Стокса для неизотермического течения с учётом плавучести в приближении Буссинеска. На сегодняшний день

все еще преобладают неопределенности в вопросах моделирования турбулентности и методах решения уравнений. Тем не менее, многие результаты моделирования представляются без сравнения с результатами измерений. Таким образом, надежность этих результатов остаётся неизвестной. Повышение надежности CFD-методов возможно только путем сравнения с точными полномасштабными результатами измерений.

Таким образом, важнейшее значение приобретают методы измерения параметров микроклимата. В отношении теплового комфорта часто рассматривают два параметра: температуру и скорость движения воздуха.

Поток воздуха в помещении характеризуется как неізотермический, турбулентный, трехмерный и нестационарный. Для измерения температуры доступны традиционные методы, например, термопары, резисторы с положительным температурным коэффициентом и инфракрасная термография.

Измерение скорости воздуха в помещении сложнее, чем температуры, потому как скорость движения воздуха вне вентиляционной струи достаточно низкая ($0 \dots 1,0 \text{ м / с}$), при этом интенсивность турбулентности достаточно высокая ($> 10\%$). Для измерения температуры и малых скоростей внутреннего воздуха чаще всего применяют термоанемометры, действие которых основано на зависимости между электрическим сопротивлением и температурой проводников, помещённых в поток. К достоинствам измерителей данного рода относят высокую чувствительность (скорость – $0,01 \text{ м/с}$, температура – $0,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$) и низкую для задач микроклимата погрешность (скорость $\pm 0,05 \text{ м/с}$, температура $\pm 0,03 \text{ }^{\circ}\text{C}$). К недостаткам – высокую чувствительность прибора, чувствительность к малейшим механическим повреждениям металлической проволоки измеряемого зонда, и отсюда возрастающую погрешность метода измерения.

Всё усложняющиеся многофункциональные системы климатизации, а также требования к этим системам требуют современных методов прогнозирования параметров микроклимата, подкреплённых соответствующими натурными измерениями. А особенности натурных измерений требуют знания о предполагаемой структуре потока воздуха. Таким образом, в области создания внутреннего микроклимата наиболее актуальными становятся не столько проблемы усовершенствования оборудования, приборов и материалов, сколько разработка методик оценки, прогнозирования и измерения параметров микроклимата.

